

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA
INSTITUTO DE FÍSICA
LICENCIATURA NOTURNA

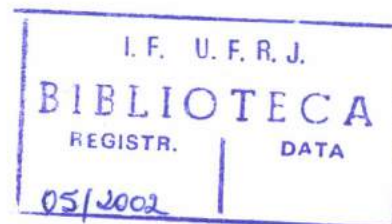
PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO DE ENSINO

**ESTUDO DIAGNÓSTICO DE ENSINO-APRENDIZAGEM
DA ÓPTICA GEOMÉTRICA**

ANDRÉ CANELLAS DE MORAIS

ORIENTADORA: Prof. Susana de Souza Barros

Rio de Janeiro – Abril de 2002



André Canellas de Moraes
DRE: 092121062

**ESTUDO DIAGNÓSTICO DE ENSINO-APRENDIZAGEM
DA ÓPTICA GEOMÉTRICA**

Trabalho de Graduação
Apresentado à Disciplina Projeto
de Instrumentação e ensino de
Física no Curso de Licenciatura
em Física, da Universidade
Federal do Rio de Janeiro.

Rio de Janeiro
2002

SUMÁRIO

1 - Introdução	3
2 – Referencial Teórico	4
2.1 – Concepções Alternativas	4
2.2 – Avaliação Formativa	6
3 – Instrumento e Metodologia	7
3.1 – O Teste	8
3.2 – Dinâmica de Intervenção	8
4 – Resultados e Análise	14
4.1 – Análise dos Resultados da Aplicação do Pré-teste	14
4.2 – Pós-teste	18
5 – Conclusão	22
6 – Bibliografia	23
Anexos – Testes	24

REFERENCIAL TEÓRICO

Concepções Alternativas

Como resultado de pesquisas que se iniciaram na década de 70, foi observado que as pessoas são levadas a criar explicações para os fenômenos que as cercam empiricamente, por deduções próprias ou erroneamente ensinadas por terceiros. Segundo BARROS et al., 86, *“atualmente é amplamente aceito que os indivíduos desenvolvem crenças e idéias para explicar o mundo que os cerca, muito antes de receber qualquer instrução formal”*. Além de se formarem a partir do contato direto com o mundo físico, estas noções também se formam através da experiência indireta com o mesmo, como mencionado por (ZYLBERSZTAJN, 83) : *“mediada pela interação social e lingüística com o círculo familiar, comunidade e meios de comunicação”*. Estas crenças e idéias têm recebido diversas denominações ao longo destas três décadas de pesquisas: concepções intuitivas, espontâneas, contextualmente errôneas, alternativas, ou ainda pré-concepções e senso comum. Neste trabalho será usada a nomenclatura concepções alternativas, para a qual a bibliografia mais atual consultada parece convergir.

Sobre concepções alternativas é possível identificar algumas de suas características:

- 1) em geral, não estão de acordo com os conceitos científicos recentemente aceitos;
- 2) sua linguagem não tem aquele rigor de clareza e precisão da linguagem científica, sendo, muitas vezes, ambígua;
- 3) de um modo geral, estas concepções se apresentam entre indivíduos de diferentes idades e culturas;
- 4) é comum que se estas concepções se apresentem fortemente enraizadas oferecendo, portanto, grande resistência a mudança;
- 5) não são generalizáveis, tendo, portanto, sua validade restrita a situações particulares;
- 6) referem-se a grande parte dos fenômenos e conceitos físicos que serão trabalhados pelas disciplinas científicas na escola.

A consideração por parte do professor do que foi exposto acima pode ter implicações importantes para o ensino. O objetivo do ensino é que o aluno monte um sistema conceitual consistente com conhecimento científico e passe a entender os fenômenos ao seu redor de acordo com princípios mais sólidos. Entretanto, na mente do

aluno, ocorre um confronto entre a física ensinada (escolarizada) e a “alternativa”. Na maior parte dos casos, o resultado deste confronto “*não é uma visão conceitual coerente e rica, mas a superposição e justaposição de conceitos de diferentes origens e alcances.(...) Se não se cuidar adequadamente da ‘física espontânea’ dos alunos sobrarão duas estruturas superpostas, entre as quais os alunos escolherão uma dependendo do contexto*” (VILLANI et al., 82). Quando colocados frente a problemas formais, do tipo que se encontram nos livros didáticos e exames acadêmicos, usarão os modelos escolarizados; quando colocados diante de problemas do cotidiano, com características figurativas e que estimulem a percepção, usarão o esquema alternativo.

Os professores costumam devotar pouca atenção à existência de concepções alternativas, “*considerando-as pura e simplesmente como erros que seriam facilmente corrigíveis*” (ZYLBERSZTAJN, 83). Contudo, (PERRENOUD, 2000; NUSSBAUM e NOVICK, 81) transformar, ou mesmo livrar-se das concepções dos alunos não é nada fácil. A simples realização de experiências, ou os dados fornecidos pelos sentidos, não promovem estas mudanças e, mesmo depois de passar pela universidade, muitos alunos ainda continuam carregando suas concepções alternativas, como forma de aprender o mundo sensível.

O fato de que, para a maioria dos alunos, segundo (ZYLBERSZTAJN, 83), estas concepções “*não se encontram em um nível consciente totalmente explícito*”, aponta para a importância de um trabalho que leve os estudantes a refletir sobre suas concepções antes que se apresentem as explicações da ciência.

A questão de como agir diante dos alunos de forma a favorecer esta “mudança conceitual” parece não estar ainda completamente resolvida e, por si só, justifica uma tese em educação. Isto iria muito além das possibilidades deste trabalho

INSTRUMENTOS E METODOLOGIA

A intervenção em sala de aula foi desenvolvida a partir da aplicação de um teste (HARRES 93) para 50 alunos da 2ª série diurna do Ensino Médio do Colégio Gama e Souza (Rio de Janeiro). Ficamos responsáveis pela parte de Óptica Geométrica que foi desenvolvida utilizando-se o livro texto adotado pela coordenação do colégio: “Os Fundamentos da Física” de RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO. O programa desenvolvido é apresentado na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Cronograma de aulas sobre Óptica Geométrica

Datas	Descrição das aulas dos dois professores
29/10/2001	Introdução a Óptica Geométrica
31/10/2001	Exercícios
05/11/2001	Princípios de Óptica Geométrica – Exercícios
07/11/2001	Teste de Óptica Geométrica – Pré-teste
12/11/2001	Leis da Reflexão – Espelho Plano
14/11/2001	Óptica Geométrica: Mecanismo de Visão, Natureza da luz, Propagação Linear
19/11/2001	Imagem de Dois Espelhos Planos
21/11/2001	Óptica Geométrica: Revisão, Espelhos Planos
26/11/2001	Exercícios
28/11/2001	Teste de Óptica Geométrica – Pós-teste

Para levantar as dificuldades conceituais dos alunos foi aplicado um pré-teste, HARRES (93), anexo 1.

A avaliação da eficiência da intervenção e estratégia utilizada (exercícios do livro adotado) após a aplicação de um pré-teste, o mesmo foi aplicado novamente (pós-teste). Os alunos receberam seus próprios pré-testes para corrigi-los, agora justificando suas respostas.

Quando da aplicação do teste pela primeira vez (pré-teste), os alunos já haviam tido uma introdução da matéria com o professor de laboratório, porém não tinham sido discutidos todos os conceitos apresentados na Tabela 1.

Quando o pós-teste foi realizado todos os tópicos acima descritos tinham sido trabalhados em sala de aula.

O TESTE

O instrumento utilizado para levantar as concepções alternativas dos alunos, assim como para a realização de avaliação formativa, foi um teste de lápis e papel sobre alguns tópicos introdutórios de óptica geométrica desenvolvido por HARRES (93) (Anexo 1).

Este teste é constituído de 15 questões, sendo alguns deles retirados ou adaptados de trabalhos de outros autores e outros formulados pelo próprio autor. As questões do teste possuem três a cinco alternativas de respostas. Uma delas se identifica com a concepção científica para o tópico considerado. As outras alternativas foram elaboradas de tal forma que representa as respostas mais freqüentes publicadas nos trabalhos de pesquisa.. Os tópicos abordados no teste são os seguintes: mecanismo da visão, propagação retilínea e alcance da luz, reflexão e formação de imagens em espelhos planos.

Dinâmica de intervenção

1ª Aula: Aplicação do Pré-Teste

Pré-teste

Antes de aplicar o pré-teste, foi explicado aos alunos que, apesar deste abranger tópicos que tinham sido recentemente ministrados a eles por outro professor, não objetivava a atribuição de nota. Seu objetivo seria o de apontar suas dificuldades conceituais, permitindo assim, que o professor elaborasse suas aulas de forma melhor a contribuir para a compreensão conceitual. Foi enfatizada a importância de que cada aluno respondesse o teste de acordo com seu conhecimento do assunto. Também foi explicado aos alunos que eles próprios fariam a correção de seus testes, após as aulas expositivas sobre o assunto, e que isto seria o próprio pós-teste.

Avaliação Formativa

Segundo (BARROS, 94): “*O papel da avaliação no sistema educacional é muito importante e nem sempre utilizado em toda sua potencialidade*”. Pode-se até mesmo dizer, em vista da atual situação do ensino, que ela poucas vezes é utilizada em toda sua potencialidade. De um modo geral, a avaliação, na prática escolar, está sempre ligada as provas e testes aplicados no final de cada ciclo do processo pedagógico, com vistas classificatórias e promoção dos alunos. Isto é, avaliação somativa, aquela que se realiza no fim de um período de estudos para verificar o desempenho dos alunos nos conteúdos previamente traçados.

Muitos autores (CARVALHO e GIL-PÉREZ, 93; BARROS, 94; MACEDO e NIEDA, 97; BLACK, 98) já têm se colocado contra esta visão reducionista e limitada da avaliação. Eles trabalham com a idéia de que a avaliação também deveria ser utilizada ao longo e mesmo antes que novos conteúdos fossem ministrados, no sentido de contribuir para a eficiência do processo, e não só para saber se os resultados foram satisfatórios, quando já não se é possível utilizar esse conhecimento produtivamente. Assim, avaliação formativa ou diagnóstica é a avaliação que objetiva medir “*o estado de conhecimento do aluno, permitindo que o professor e o aluno, conjuntamente, possam trabalhar as dificuldades apontadas pela avaliação para fazer intervenções corretivas quando necessário*” (BARROS, 96)

Isto implica numa mudança profunda na postura do professor que, de acordo com CARVALHO e GIL-PÉREZ, 93:

“*deve considerar-se co-responsável pelos resultados que estes (alunos) obtiverem; não pode situar-se frente a eles, mas com eles; sua pergunta não pode ser 'quem merece uma valorização positiva e quem não', mas 'que ajuda precisa cada um para continuar avançando e alcançar os resultados desejados'. (...) O professor deve conseguir transmitir seu interesse pelo progresso dos alunos e seu convencimento de que um trabalho adequado terminará produzindo os resultados desejados, inclusive se no início surgirem dificuldades*” .

2ª Aula: Tópicos discutidos

Mecanismo da visão

Natureza da luz

Propagação e alcance da luz

A aula começou com um diálogo entre o professor e alunos e foi estruturada através de perguntas. O professor trabalhou com os alunos as idéias científicas sobre o mecanismo da visão. O questionamento foi sendo desenvolvido em função das respostas.

Perguntas

- Como se enxerga alguma coisa ?
- O que é preciso para se ver algo ?
- Basta ter luz ?
- E se, mesmo havendo luz, houver um obstáculo entre os olhos do observador e o que se deseja ver ?
- Que caminho a luz deve seguir para que se enxergue um objeto?
- Se a luz bate no objeto e vai para olhos de alguém, ela deve refletir no objeto. Mas todo objeto é refletor? Quais são os objetos que refletem a luz ?
- Se os outros objetos não refletem, como podem ser vistos ?

Neste momento, em que o assunto era o mecanismo de visão, foi utilizado um pequeno laser portátil, para mostrar que mesmo havendo “raios” de luz, se estes não são desviados na direção dos olhos do observador, este não poderá enxergá-los. Foi pedido a um aluno que batesse o apagador com pó de giz sobre o percurso do laser que, com isso, tornou-se visível à turma.

O alcance infinito da luz foi explicado como um princípio de conservação de energia. Na ausência de obstáculos que pudessem absorver a luz não há nenhuma razão para que esta deixe de existir. A impossibilidade de percebermos a luz quando estamos muito afastados da fonte se deve ao número insuficiente de fótons (radiação luminosa) que atingem nossos olhos. Para tornar mais clara esta explicação, utilizou-se um esquema de esferas concêntricas com a fonte no seu centro, como mostrado na Figura 1. Assim, se a quantidade de radiação luminosa que atravessa cada esfera se mantém constante, como a área da esfera vai aumentando, a densidade de energia luminosa é menor, quanto mais longe a luz fica menos intensa. Como os olhos precisam de uma determinada quantidade mínima de energia luminosa para perceber a

luz, a partir de uma certa distância não se enxerga mais a luz da fonte, mesmo tendo chegado até o observador.

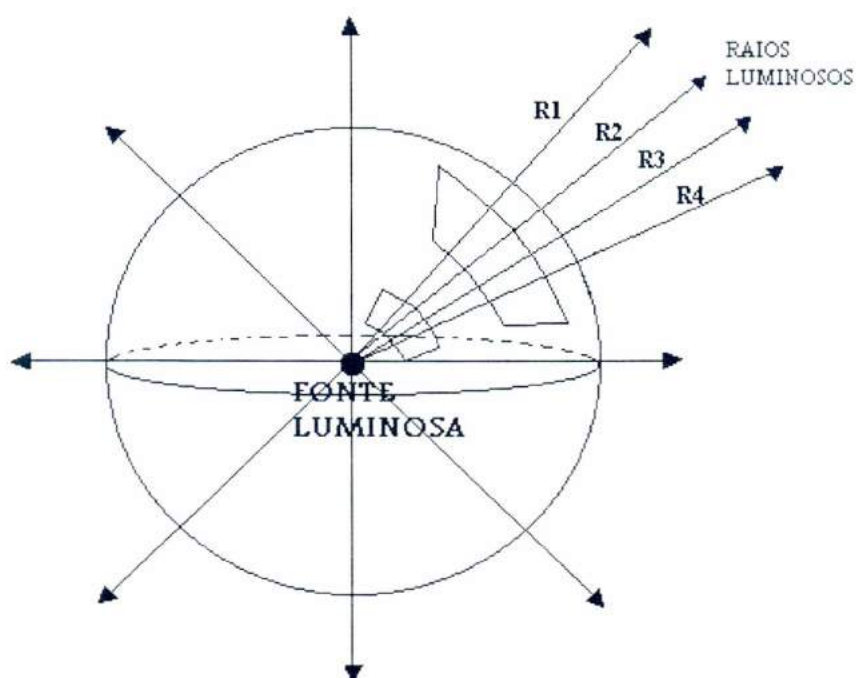


Figura 1 – Esquema utilizado para trabalhar o alcance da luz.

A propagação retilínea foi discutida a partir da formação de sombras produzidas por um corpo C na região S da superfície I iluminada pela fonte. A semelhança geométrica entre a sombra projetada S e o corpo C é uma evidência da propagação retilínea da luz. Um esquema desenhado no quadro como mostra Figura 2, foi discutido com os alunos. Outros exemplos de formação de sombras foram apresentados pelos alunos (sombras produzidas por objetos na parede).

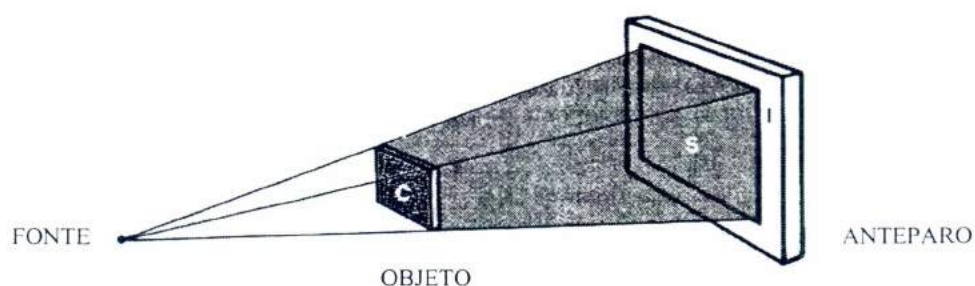


Figura 2 - Propagação retilínea da luz, formação de sombras

3ª Aula: Tópicos discutidos

Reflexão de luz

Formação de imagens em espelhos planos

Nesta aula foi retomada a discussão a respeito do mecanismo da visão para sedimentar a idéia de que todos os corpos refletem a luz quando iluminados. Procurou-se mostrar os diferentes tipos de reflexão: especular e difusa. Foi explicado que toda a luz percebida por nossos olhos, chega a eles depois de refletida por algum corpo material, exceto quando se olha diretamente para a fonte, que nesse caso seria o próprio objeto.

Para utilizar um argumento concreto, foi feita uma analogia com a reflexão de uma bola dura (colisão elástica) numa parede rígida, pedindo-se aos alunos que jogassem a bola para que ela atingisse um determinado alvo, e observassem qual era a relação entre os ângulos de incidência e de reflexão, ou seja, quando a bola atingisse o alvo, o ângulo de incidência seria igual ao ângulo de reflexão (Figura- 3)

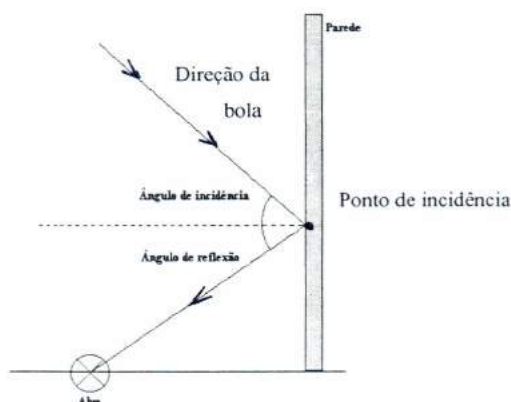


Figura 3 – Demonstração da reflexão, bola dura em parede rígida

A formação de imagens num espelho plano foi trabalhada através de um esquema desenhado no quadro como mostra a Figura 4. Buscou-se que os alunos percebessem a analogia entre a imagem formada pelo espelho e a imagem vista através de uma janela. Para isto, foi utilizado o modelo de raios luminosos e a idéia da propagação retilínea, bem como a lei de reflexão.

De acordo com a Figura 5, um ponto P luminoso ou iluminado colocado em frente a um espelho plano E, os raios de luz refletidos pelo espelho e provenientes de P podem ser determinados através das leis da reflexão. Sejam por exemplo, os seguintes raios:

- Raio incidente PI normal ao espelho ($i = 0^\circ$)

- Raio incidente PJ qualquer, o raio refletido JK é tal, que $r = i$

A interseção dos prolongamentos dos raios refletidos IP e JK determina um ponto P'. Da igualdade entre os triângulos PIJ e P'IJ resulta $D1 = D2$. O ponto P' definido pela interseção de raios emergentes do espelho é denominado ponto imagem. O ponto P definido pela interseção de raios incidentes sobre o espelho é denominado ponto objeto, em relação ao espelho.

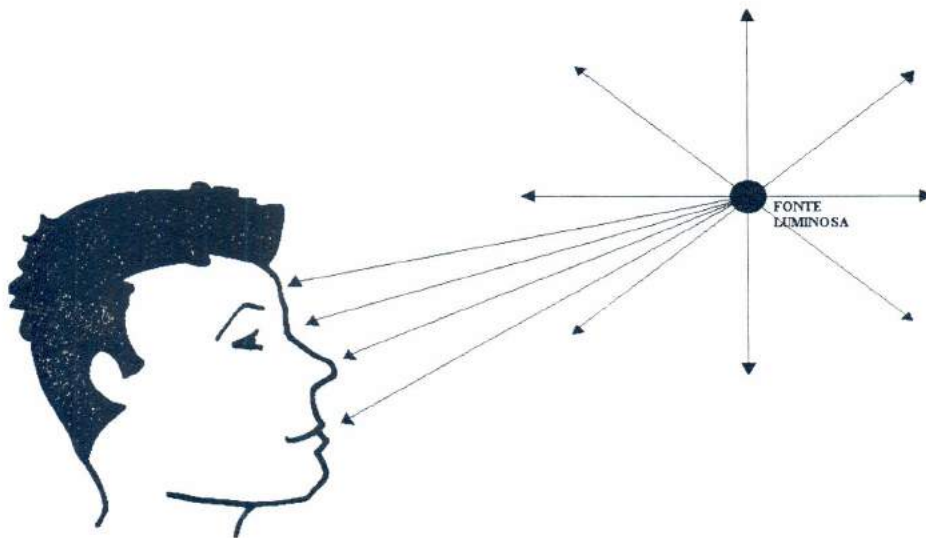


Figura 4a

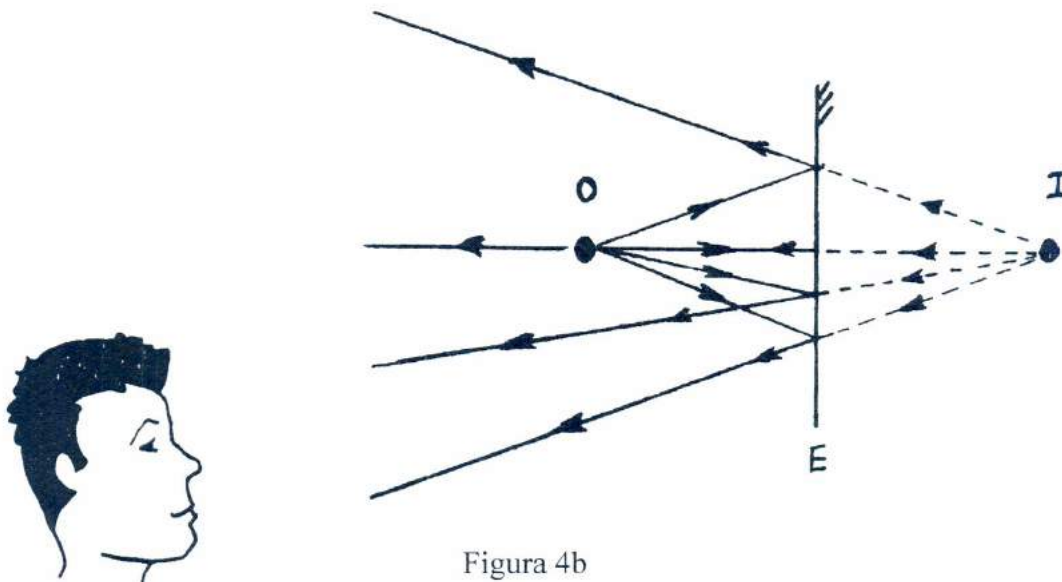


Figura 4b

Figura 4 – (a) Vista direta do objeto; (b) Objeto (O) e sua imagem (I) formadas por um espelho plano

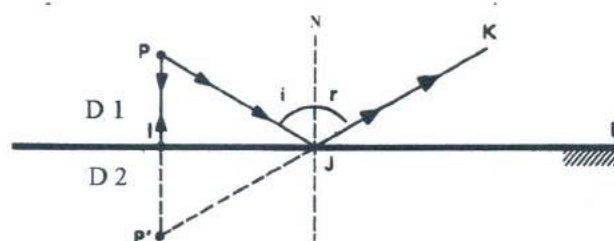


Figura 5 – Esquema usado para mostrar a imagem de um ponto P de um corpo num espelho. (N: reta normal ao espelho no ponto de incidência), I: ângulo de incidência de um raio luminoso e r :ângulo do raio refletido).

4ª Aula: Avaliação/ Pós-Teste

Nesta aula cada aluno recebeu seu pré-teste para corrigi-lo. Foi explicado para não escreverem em seu pré-teste, e sim para cada questão, deveriam anotar, numa folha separada, as correções que considerassem necessárias indicando a letra correspondente à alternativa que julgassem correta, independente de ter sido a escolhida ou não antes, e justificar a nova opção. Esta tarefa foi considerada como sendo o Pós-teste.

O objetivo desta estratégia foi poder avaliar a eficiência das aulas teóricas acima descritas levando em consideração também que neste período, os alunos tiveram atividades experimentais que foram desenvolvidas com o outro professor. Outra função do pós-teste foi oferecer aos alunos uma nova oportunidade de resolver aqueles problemas com os quais já tinham se deparado, só que depois de terem sido atendidos em suas dificuldades conceituais iniciais (intervenção em sala) , ou seja, foi uma oportunidade de autoavaliação. O aluno poderá deparar-se com suas próprias respostas, e com as quais já não mais concorda. Poderia assim sentir que houve uma mudança. Desta forma a estratégia utilizada é uma mensagem subliminar que seu professor está lhe enviando : “O importante é compreender!”

Resultados e Análise

A seguir apresentamos os resultados da aplicação do teste, juntamente com uma análise dos mesmos. Apesar das diferenças entre os dois universos de alunos que fizeram o teste, (os do artigo de HARRES e os deste trabalho), algumas comparações serão feitas. Os resultados das duas turmas submetidas ao teste, neste trabalho, serão apresentados juntos, uma vez que são amostras equivalentes do 2º ano do ensino médio, do mesmo colégio, com os mesmos professores, as mesmas aulas. As duas turmas apresentaram resultados semelhantes no teste. Com relação aos dados de HARRES não fica claro se ele poderia tê-los apresentado através de um valor médio único. O teste é aplicado a grupos diferentes: 57 estudantes de 3ª série do ensino médio de um curso técnico e 95 estudantes da disciplina de Física III de um curso de engenharia. Os resultados destes dois grupos de alunos são apresentados colapsados, sem que se possa saber o desempenho de cada grupo separadamente. HARRES não apresenta qualquer justificativa para tal tratamento dos dados.

Análise dos resultados da aplicação do pré-teste

Os resultados obtidos na primeira aplicação do teste (pré-teste) estão apresentados na Tabela 2. Ela mostra a distribuição das frequências das respostas para cada item do teste. Como parâmetro de comparação, foram incluídos, entre parênteses os resultados de HARRES.

Com base nos dados apresentados nesta tabela algumas considerações podem ser feitas sobre o desempenho da população investigada. A análise específica das questões do teste ajuda a evidenciar as concepções mais comuns dos alunos a respeito dos fenômenos de óptica geométrica dentro do campo conceitual delimitado anteriormente:

. As questões 1 e 2 tratam do mecanismo da visão. A questão 1 teve bom índice de acertos, cerca de 76%. Dos 24% que erraram, 18% responderam de acordo com o modelo dos “raios visuais”. Os outros 6% de acordo com a idéia de que, para se enxergar, basta que haja claridade. Já na questão 2. Apesar de tratar exatamente do mesmo assunto da questão 1 e com respostas equivalentes, os resultados foram diferentes.

Tabela 2 – Resultados do Pré-teste em %, (entre parênteses, os resultados de HARRES)

* - opção correta; OB – opção em branco.

QUESTÕES	A	B	C	D	E	OB
1	6.0 (0.66)	6.0 (9.21)	76* (74.3)	12.0 (15.8)	- -	- -
2	50.0* (65.1)	18.0 (10.5)	2.0 (13.2)	30.0 (11.2)	- -	- -
3	10.0 (17.8)	10.0 (7.9)	40.0 (5.9)	40.0* (68.4)	- -	- -
4	60.0 (45.4)	12.0 (2.6)	4.0 (0.7)	20.0* (51.3)	- -	4.0 -
5	2.0 (3.3)	10.0 (3.9)	76.0* (73.0)	12.0 (19.7)	- -	- -
6	10.0 (1.3)	80.0* (88.8)	4.0 (5.3)	6.0 (4.6)	- -	- -
7	52.0* (52.6)	4.0 (2.0)	14.0 (11.8)	18.0 (17.1)	12.0 (16.4)	- -
8	40.0 (40.1)	4.0 (2.6)	2.0 (0.7)	52.0* (56.6)	- -	- -
9	20.0 (22.4)	12.0 (13.8)	4.0 (6.0)	8.0 (7.2)	52.0* (50.7)	4.0 -
10	38.0 (11.2)	30.0 (29.0)	32.0* (58.6)	- -	- -	- (1.3)
11	28.0* (34.9)	30.0 (17.1)	40.0 (47.4)	- -	- -	2.0 (0.7)
12	20.0 (7.9)	40.0* (62.5)	30.0 (22.4)	10.0 (6.6)	- -	- (0.7)
13	12.0 (11.2)	10.0 (11.8)	58.0* (61.2)	6.0 (5.3)	14.0 (10.5)	- -
14	10* (11.8)	32.0 (46.1)	18.0 (23.7)	40.0 (17.8)	- -	- (0.7)
15	2.0* (2.0)	90.0 (86,2)	8.0 (11.8)	- -	- -	- -

Na questão 2 o índice de acertos caiu significativamente (26%). Contudo, ao contrário do questão 1, onde a maioria dos que erraram optaram pelo modelo I “dos raios visuais”. Os que erraram na questão 2, deram preferência ao modelo II da “claridade suficiente” (30%). Mesmo que estes resultados pareçam contraditórios, é possível explicá-los. A diferença de preferência entre os dois modelos alternativos (raios visuais e claridade suficiente), é muito mais significativa na questão 2 do que na questão 1. Por que os alunos não optaram pelo modelo da “claridade suficiente” também na questão 1? Nesta questão, um professor pergunta a uma aluna o que acontece entre um objeto e os olhos para que se enxergue. A única alternativa que refletia esse modelo era a de letra b, cujo texto é: “Não acontece nada, o livro está iluminado e isto basta para que eu possa vê-lo.”(modelo II). Talvez, se este “não acontece nada”, que é desnecessário para a identificação do modelo, não estivesse escrito, esta opção ganhasse mais adeptos. Ao contrário da conclusão de HARRES, neste trabalho o modelo da “claridade suficiente” é bem mais popular do que o dos “raios visuais”.

. Nas questões 3 e 4, percebe-se claramente que os alunos associam o alcance da luz à intensidade da fonte luminosa que a gerou. Isto está evidente pelo baixo índice de acerto da questão 3 e pela grande incidência da alternativa (a) na questão 4. Apesar de o desempenho dos alunos do teste original ter sido melhor, chegou-se a mesma conclusão quanto às suas concepções.

. As questões 5 a 9 referem-se a propagação retilínea da luz. O desempenho das duas populações foi bom nos dois primeiros itens, mas caiu, mantendo-se muito parecidas, nas questões 7 a 9. Isto pode ser consequência dos estudantes não considerarem a propagação retilínea da luz, assim como pela dificuldade de usarem esta idéia traçando os “raios de luz” para resolver a questão já que, o conceito de “raio de luz” não é trivial.

. O conceito principal das questões 10 a 13 refere-se especificamente às imagens formadas nos espelhos planos. Este foi o único tópicos do teste que não havia sido apresentado aos alunos imediatamente antes do teste. Nessas questões, os resultados obtidos em ambas as populações é muito semelhante, particularmente na questão 13, que é praticamente igual.

objeto, mas também do observador. Talvez isto possa estar relacionado com os modelos incorretos da visão. Os números não parecem confirmar isto pois, nas questões sobre estes modelos, o índice de acerto foi duas vezes maior do que nesta questão. Além disso, a questão do mecanismo da visão é que esta depende da luz refletida pelo objeto alcance a vista do observador, enquanto que na questão 11 era justamente a de perceber a independência da imagem em relação ao observador.

. As questões 12 e 13 tratam da formação da imagem em espelho plano, por um objeto que não está em frente ao espelho. Estes itens exigem um certo domínio do modelo concreto de raios luminosos, apesar de que um apelo à memória de situações conhecidas poderia ajudar. Talvez seja este um dos fatores que contribuíram para a melhoria do desempenho na questão 13.

. O desempenho dos alunos nas duas últimas questões (14 e 15) foi consideravelmente mais baixo do que no resto do teste, concordando com os resultados originais de HARRES. A questão 14 engloba quase todos os conceitos introdutórios de óptica geométrica: modelo da visão, propagação retilínea da luz, reflexão da luz, relação entre os ângulos de incidência e de reflexão, e formação de imagem em espelho plano. Apenas 10% dos alunos acertaram. A maioria dos que erraram respondeu que tanto o espelho como a luz poderiam ser vistos, o que de certo modo mostra que apelaram para sua experiência sensorial. Entretanto, uma parte significativa dos estudantes também colocou que a luz poderia ser vista, mas o espelho não. Isto demonstra forte dissociação entre processo de visão, propagação da luz e sua reflexão.

. Na última questão do teste os alunos apresentaram desempenho baixo. Com 2% de acertos. A grande maioria, 90%, apresentou a idéia de que o tamanho da imagem formada num espelho plano diminui quando o objeto se afasta do espelho. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por HARRES.

Pós-Teste

Os resultados obtidos a partir da correção que os alunos fizeram de seus próprios teste (pós-teste) podem ser observados na Tabela 3, no formato da tabela 2. Como já foi dito, no pós-teste o aluno indicava que letra correspondia à melhor resposta e a justificava. Os resultados apresentados não levam em conta as justificativas.

Tabela 3 – Resultados do Pós-teste (em %)

Item	A	B	C	D	E	RB
1	4.0	0	96.0*	0	-	0
2	86.0*	2.0	0	12.0	-	0
3	4.0	0	6.0	90.0*	-	0
4	20	0	4.0	76.0*	-	0
5	0	4.0	92.0*	4.0	-	0
6	8.0	90.0*	0	2	-	0
7	74.0*	0	14.0	0	12.0	0
8	8.0	2	0	90.0*	-	0
9	16.0	0	8	0	74.0*	2.0
10	12.0	8.0	80.0*	-	-	0
11	44.0*	24.0	28.0	-	-	4.0
12	0	72.0*	28.0	0	-	0
13	0	2.0	90.0*	0	6.0	2.0
14	40*	20.0	16.0	20.0	-	4.0
15	16.0*	76.0	4.0	-	-	4.0

Os resultados do pós-teste apresentam uma melhora significativa em relação ao pré-teste, (o que pode ser visto mais facilmente na Tabela 4, onde são mostrados apenas os índices de acertos do pré-teste, do pós-teste e os resultados do teste original de HARRES, o autor do texto original não aplicou pós-teste). Em média, cada questão apresentou uma melhoria de 20% nos acertos. O desempenho ficou acima de 70% em quase todos os itens. As exceções foram os itens 11, 14 e 15.

A análise detalhada de cada item do pós-teste possibilita algumas conclusões e questões interessantes.

. Nas questões 1 e 2, sobre o mecanismo da visão, enquanto apenas dois alunos erraram o primeiro, sete erraram o segundo. Esta discrepância, em problemas conceitualmente idênticos, coloca a questão da maneira como os mesmos são formulados e como podem influenciar as respostas dos alunos. Além disso, as concepções sobre o mecanismo da visão não se mostraram muito resistentes a mudança, visto o alto índice de acertos.

. Nas questões 3 e 4, apesar do aumento significativo de acertos, percebe-se uma certa dificuldade em admitir que o alcance da luz independa da fonte que a gerou. Isto é confirmado pela diferença entre os índices de acerto destes itens, bem como pela incidência, ainda significativa, da alternativa (a) na questão 4.

. Nas questões 5 a 9, sobre a propagação linear da luz, nota-se uma diferença, de 74% para 90%, no desempenho das questões 7 e 9 em relação as questões 5, 6 e 8. Nota-se, contudo (vide teste em anexo), que justamente as questões 7 e 9 exigiam um maior cuidado no traçar das retas. Pequenas variações na inclinação das mesmas poderia levar a resultados diferentes. Assim, não parece que os alunos tenham apresentado grande resistência para trabalhar com o conceito de raios de luz, pelo menos no que diz respeito à sua propagação.

. As questões 10 a 13 mostram que a formação de imagens e espelhos planos apresenta ainda algumas dificuldades para os alunos. Desde o reconhecimento de que a imagem se localiza atrás do espelho, até sua independência do observador. Esta última idéia, exposta na questão 11, foi a de mais difícil compreensão.

. A questão 14, apesar de apresentar um aumento de 40% de acertos, continuou com desempenho baixo. Pouco menos da metade conseguiu responder corretamente. Uma vez, que este item engloba vários conceitos, as dificuldades apresentadas nas questões anteriores se somam nesta.

. Por fim, a questão 15, com apenas 16% de acertos, mostra a grande resistência da concepção de que o tamanho da imagem se reduz com o aumento da distância entre o objeto e o espelho. Vale lembrar que pouco antes da aplicação do pós-teste, os alunos

tiveram aulas sobre o assunto com os dois professores (teórico e de laboratório), e que tiveram contato com espelhos para fazerem observações.

Tabela 4- Dados comparativos das respostas corretas do Pré-teste de Harres (93) e este estudo (percentual de respostas)

Item	HARRES	Pré	Pós
1	74.3	76.0*	96.0
2	65.1	50.0*	86.0
3	68.4	40.0*	90.0
4	49.3	20.0*	76.0
5	73.0	76.0*	92.0
6	88.8	80.0*	90.0
7	52.6	52.0*	74.0
8	56.7	52.0*	90.0
9	50.7	52.0*	74.0
10	59.3	32.0	80.0
11	35.1	28.0	44.0
12	62.9	40.0	74
13	61.1	58.0	90.0
14	11.9	10.0	40.0
15	2.0	2.0	16.0

* conceitos trabalhados no laboratório antes do pré-teste

Pode-se notar que em algumas questões do pré-teste houve um alto índice de acertos, provavelmente devido ao fato que no laboratório os alunos desenvolveram atividades: experiência sobre mecanismo de visão e propagação retilínea da luz aulas, faltando apenas experiência de formação de imagem em espelho plano. As questões 1 a 9, os alunos tiveram uma introdução dos conceitos em laboratório.

Outro fato que merece ser comentado, resulta do método utilizado de que os alunos justificassem suas novas escolhas, mesmo que coincidissem com as anteriores. A análise destas justificativas mostrou algumas inconsistências. Nem sempre o aluno conseguiu justificar de forma clara e precisa a opção que estava fazendo. Num número menor de casos houve mesmo contradição entre a alternativa proposta e sua explicação. Contudo, isto não chegou a alterar as conclusões obtidas a partir da análise dos dados

apresentados nas Tabelas 2 a 4. Apenas serve para que o professor fique mais atento aos mecanismos utilizados para avaliar as concepções dos alunos. A forma do teste, ou instrumento que for empregado para este fim sempre traz alguma modificação nos resultados. No caso deste trabalho, as justificativas pedidas aos alunos, mostraram uma resistência maior de suas concepções alternativas, do que apenas na escolha de uma alternativa da questão do teste.

CONCLUSÃO

Um modelo de teste de lápis e papel como proposto neste trabalho permite que o professor obtenha informações sobre as concepções dos alunos a respeito de tópicos introdutórios de óptica geométrica. Além disso, tem a vantagem de ser de rápida aplicação e permite fazer uma avaliação diagnóstica. Com isto o professor tem elementos para planejar uma intervenção mais eficiente em sala de aula.

Algumas observações feitas na análise dos dados chamam a atenção para os cuidados que se devem ter com a forma das questões e, de um modo geral, dos testes aplicados.

Os resultados da aplicação do teste na amostra selecionada, corroboram em grande parte, as conclusões de HARRES no que diz respeito às dificuldades encontradas pelos alunos de substituir seus conceitos, mesmo já tendo alguma escolarização em óptica geométrica. Por isso, é muito importante que, tanto os professores, como os autores de livros didáticos, ofereçam aos alunos materiais e atividades que propiciem uma reformulação conceitual, levando os alunos a percorrer o caminho que vai de suas concepções alternativas, aos conceitos escolarizados corretos.

Apesar de todas as limitações que este trabalho apresenta, no sentido de poder solucionar os problemas expostos, ele aponta para alguns aspectos vantajosos. Percebeu-se uma maior motivação por parte dos alunos, um interesse em responder ao teste e saber sobre seu desempenho. Isto certamente explica a melhoria dos resultados obtidos no pós-teste, onde eles próprios tiveram a oportunidade de se autoavaliar e refazer suas idéias.

Mesmo apresentando muito pouco, ou mesmo nada de novo em relação à questão das concepções alternativas e da avaliação formativa, é significativo ter a experiência direta e constatar na prática, percebendo as nuances que daí decorrem, do que apenas ler os resultados dos pesquisadores publicados nas revistas. Nesse sentido este trabalho se justifica e pode servir de estímulo para iniciativas semelhantes no futuro. A mudança é urgente, e precisamos começar.

BIBLIOGRAFIA

- BARROS, Susana de Souza *et. Al.* (1986) “Conceitos Espontâneos na Área de Física Térmica “ Relatório: Projeto Fundação de Física.
- BARROS, Susana de Souza (1996) *Avaliação Como Diagnóstico da Aprendizagem da Física: Um Desafio Para o Professor.* Atas do IV EPEF.
- BLACK, Paul. (1998) “Formative assessment: raising standards inside the classroom”. *School Science Rewiew*, 80 (291).
- CARVALHO, Anna M. Pessoa de, e GIL-PÉREZ, Daniel. (1993) *Formação de Professores de Ciências: tendências e inovações: Coleção questões de nossa época* vol.26. São Paulo: Cortez.
- GOMES, Flávia R. S. (1996) “*A Hipermídia no Ensino de Física. Facilitando a Construção de Conceitos de Mecânica Básica*”. Tese de Doutorado. Faculdade de Educação, PUC-RJ.
- MACEDO, Beatriz e NIEDA, Juana. (1997) *Un Currículo Científico para Estudiantes de 11 a 14 Años.* OEI, Espanha; UNESCO, Chile.
- PERRENOUD, Philippe. (2000) *10 Novas Competências para Ensinar.* Porto Alegre: Artes Médicas Sul.
- VILLANI, ^a et. Al. (1982) “Analisando o ensino de Física: Contribuições de pesquisas com enfoque diferentes”, *Revista de Ensino de Física*, 4, SBF.
- ZYLBERSZTAJN, Arden. (1983) “Concepções espontâneas em física: exemplos em dinâmica e implicações para o ensino” . *Revista de Ensino de Física*, vol. 5, nº 2, SBF.

ANEXO I

TESTE

Instruções

1º) Este teste consta de 15 questões, confira se ele está completo.

2º) Em cada uma das questões escolha uma e apenas uma das alternativas apresentadas

3º) Depois de ter certeza da alternativa escolhida, marque a sua resposta na grade de respostas que aparece na última página deste teste

1) Uma aluna, Elisa, e seu professor discutem o que segue

"Prof. Explique como você vê o livro

Elisa: Sinais nervosos vão desde meus olhos até meu cérebro

Prof: Sim, isto acontece entre os olhos e seu cérebro. Mas existe uma certa distância entre o livro e seus olhos. O que acontece entre eles?"



Com qual das alternativas seguintes você responderia a pergunta do professor?

- a) Raios vão dos meus olhos até o livro de modo que assim posso vê-lo
- b) Não acontece nada, o livro está iluminado e isto basta para que eu possa vê-lo
- c) A luz do ambiente refletida no livro chega até os meus olhos
- d) Os olhos emitem raios que retornam ao cérebro trazendo a informação da imagem

(adaptada de Andersson e Kärqvist, 1983)

2) As figuras abaixo representam uma fonte de luz S (Sol), um objeto A (árvore) e um observador O (menino). Qual das alternativas abaixo melhor representa o modo pelo qual podemos enxergar um objeto?"

a)



A

O

b)



A

O

c)



A

O

d)



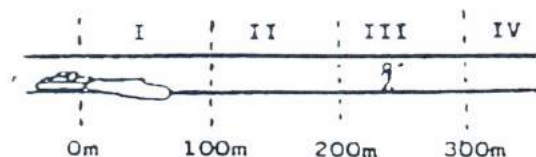
A

O

(adaptada de Barros et alii, 1989)

3) Em uma noite escura e sem nevoeiro um carro está parado em uma estrada reta e plana. O carro está com seus faróis ligados. Um pedestre, também parado na estrada, é capaz de ver os faróis. A figura da página seguinte ilustra esta situação e está subdividida em quatro seções. Até onde a luz dos faróis do carro alcança?

- a) No máximo até a seção I.
- b) No máximo até a seção II.
- c) No máximo até a seção III.
- d) Até a seção IV e ainda vai mais além.

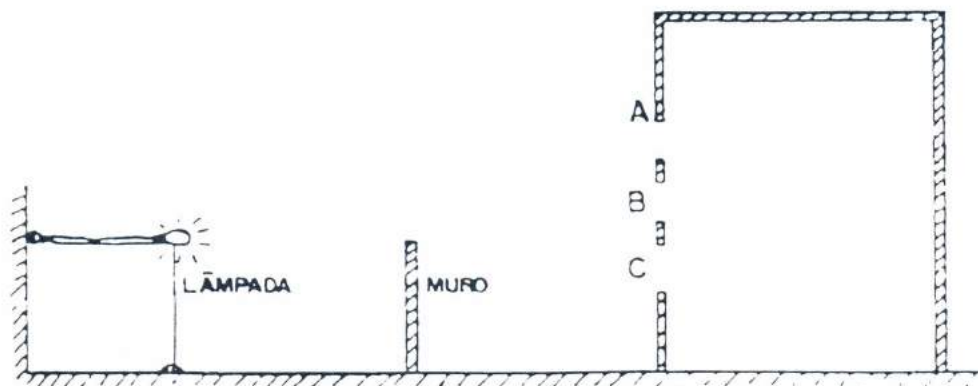


(adaptada de Andersson e Kärqvist, 1983)

4) Suponha a mesma situação descrita na questão anterior só que, em vez de carro, tivéssemos ali uma pequena vela acesa. Até onde a luz da vela alcançaria?

- a) No máximo até a seção I
- b) No máximo até a seção II
- c) No máximo até a seção III
- d) Até a seção IV e ainda iria mais além

As questões 5 e 6 referem-se à figura abaixo. Ela mostra um muro colocado entre uma pequena lâmpada e uma sala com três janelas na parede da esquerda.



5) Qual(ais) da(s) janela(s) é(são) iluminada(s) pela lâmpada?

- a) A
- b) B
- c) A e B
- d) A, B e C

6) Se você estiver dentro da sala, através de qual(ais) das janelas você poderá ver a lâmpada?

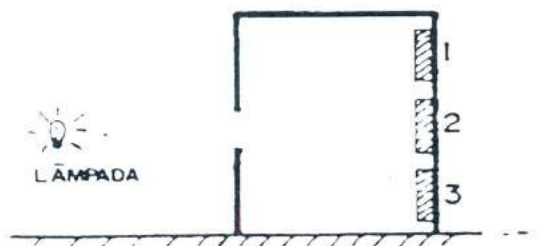
- a) A, B e C b) A e B c) B d) A
(adaptadas de LaRosa et alii, 1984)

7) A figura abaixo mostra uma pequena lâmpada colocada em frente a uma caixa que possui uma abertura no seu lado esquerdo. Que região(ões) da parte inferior direita da caixa é(são) iluminada(s) pela lâmpada?



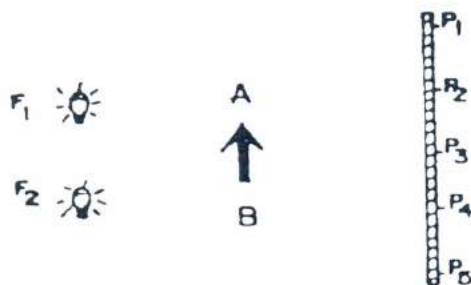
- a) Somente A.
b) Somente B.
c) Somente A e B.
d) A, B e C.
e) Nenhuma delas.

8) A figura abaixo mostra uma pequena lâmpada colocada frente a uma janela de uma sala que contém três quadros (1, 2 e 3) na parede oposta à janela. Qual(ais) quadro(s) é(são) iluminado(s) pela lâmpada?



- a) 1, 2 e 3. b) 1 e 2. c) 2 e 3. d) Apenas o 2.

9) Duas pequenas fontes, F_1 e F_2 , estão situadas em frente a um objeto opaco AB, como mostra a figura abaixo. Considerando os pontos assinalados na parede, qual(ais) deles está(ão) recebendo luz das duas fontes?



- a) Todos.
- b) Apenas P_1 .
- c) P_2 , P_3 e P_4 .
- d) P_3 e P_4 .
- e) P_1 e P_3 .

(adaptada de Alvarenga e Máximo, 1986)

10) Onde está localizada a imagem de um objeto colocado em frente a um espelho plano?

- a) Na frente do espelho.
- b) Na superfície do espelho.
- c) Atrás do espelho.

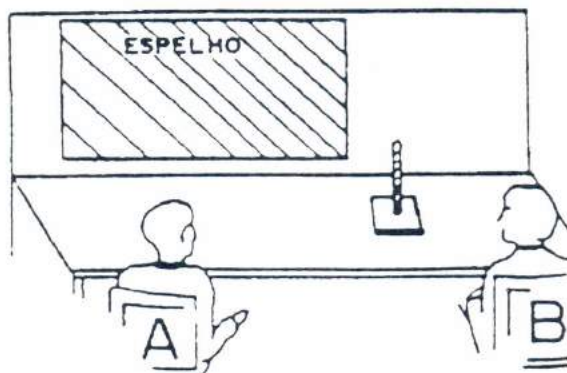
11) O desenho ao lado mostra um observador parado em frente a um espelho plano. Entre o espelho e o observador encontra-se um objeto. Se o observador mover-se para a esquerda, o que acontecerá com a imagem do objeto?

- a) Permanecerá no mesmo lugar onde estava.
- b) Se deslocará para a esquerda do observador.
- c) Se deslocará para a direita do observador.



(adaptada de Goldberg e McDermott, 1986)

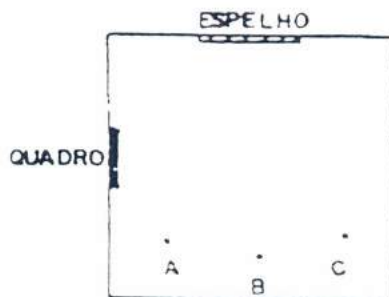
12) A figura abaixo mostra um objeto que se encontra além da borda direita de um espelho plano. Os observadores A e B podem ver a imagem do objeto?



- a) Sim, ambos podem ver a imagem
- b) A pode ver a imagem, mas B não
- c) A não pode ver a imagem, mas B pode
- d) Não, nenhum dos dois pode ver a imagem

(adaptada de Goldberg e McDermott, 1986)

13) A ilustração abaixo mostra uma sala, vista de cima, contendo um espelho em uma parede e um quadro em outra parede. Em qual(ais) das posições indicadas na ilustração, uma pessoa poderá ver a imagem do quadro?

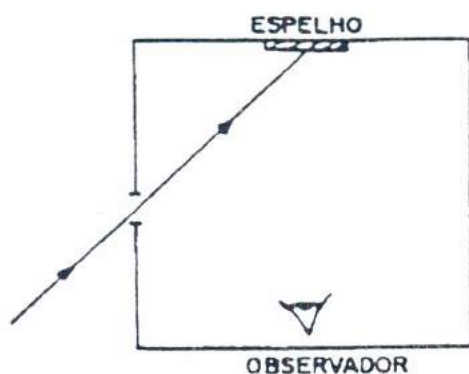


- a) Em A, B e C
- b) Somente em A e B
- c) Somente em C
- d) Somente em B
- e) Somente em A

(adaptada de LaRosa et alii, 1984)

30

14) A figura abaixo mostra uma sala completamente escura, sem pó, sem fumaça e de paredes totalmente negras. Através de uma abertura, faz-se incidir um fecho retilíneo de luz obliquamente em direção ao espelho. Uma pessoa, colocada na parede oposta ao espelho, como mostra a figura, poderá ver o espelho e a luz nele refletida?



- a) Não ela não poderá ver o espelho e nem a luz nele refletida.
- b) Poderá ver a luz, mas não poderá ver o espelho.
- c) Poderá ver o espelho, mas não a luz.
- d) Sim, poderá ver tanto a luz quanto o espelho

(adaptada de Andersson e Karrqvist, 1983)

15) O que você poderá fazer para que, colocado em frente a um espelho plano, possa ver uma maior parte do seu próprio corpo?

- a) Nada.
- b) Mover-se para trás.
- c) Mover-se para frente.

GRADE DE RESPOSTAS

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15